

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS BAIXADA SANTISTA

ANDERSON RUSSO DE OLIVEIRA

EXERCÍCIO FÍSICO E A EFICÁCIA DO USO DE RECURSOS ERGOGÊNICOS ALCALINOS

Santos, 2013

ANDERSON RUSSO DE OLIVEIRA

EXERCÍCIO FÍSICO E A EFICÁCIA DO USO DE RECURSOS ERGOGÊNICOS ALCALINOS

Pesquisa apresentada ao Curso de Educação Física da Universidade Federal de São Paulo – Campus Baixada Santista - como parte dos requisitos para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Dr. Ronaldo Vagner Tomathieli dos Santos

Co-orientador: Ms. Radamés Maciel Vitor Medeiros

Santos, 2013

ANDERSON RUSSO DE OLIVEIRA

EXERCÍCIO FÍSICO E A EFICÁCIA DO USO DE RECURSOS ERGOGÊNICOS ALCALINOS

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso defendido por Anderson Russo de Oliveira e aprovado pela Banca Examinadora em: 16/12/2013

Orientador: Dr. Ronaldo Vagner Tomathieli dos Santos

Co-orientador: Ms. Radamés Maciel Vitor Medeiros

Santos, 2013

Banca Examinadora

Radamés Maciel Vitor Medeiros

Prof. Ms: Radamés Maciel Vitor Medeiros

Hanna Karen Antunes

Profa. Dra. Hanna Karen Moreira Antunes

Sionaldo Eduardo Ferreira

Prof. Dr. Sionaldo Eduardo Ferreira

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pois sem eles nada seria possível. A minha companheira que esteve sempre ao meu lado nos tempos bons e ruins.

Agradeço aos professores por ajudarem em minha formação com conhecimento, em especial aos meus orientadores que ajudaram na confecção deste trabalho e principalmente ao meu orientador, pois com sua exigência foi possível aprender bem mais.

E também agradeço aos colegas de turma pelo companheirismo e coleguismo e aos funcionários pelos bons serviços sempre prestados.

RESUMO

No exercício físico intenso ocorre à acidose metabólica que é uma das responsáveis pela fadiga. Recursos ergogênicos alcalinos foi objeto de estudo, pois tem sido estratégia utilizada com frequência na tentativa de retardar essa acidose e consequentemente a fadiga. O objetivo deste trabalho foi analisar os efeitos do uso de recursos ergogênicos alcalinos no exercício físico e as principais estratégias ergogênicas utilizadas para atenuar a acidose. Foi feita uma pesquisa nas bases de dados Scielo, Lilacs e Pubmed. Os artigos selecionados falaram sobre acidose e exercício físico em seres humanos adultos de ambos os sexos a partir de 1999. Apesar da existência de resultados conflitantes na literatura podemos concluir que o uso ergogênico de bicarbonato tem efeitos positivos no exercício físico.

Palavras Chaves: bicarbonato e exercício, ingestão de bicarbonato e exercício, acidose metabólica, recursos ergogênicos e exercício, suplementação de bicarbonato e exercício e acidose metabólica e exercício.

ABSTRACT

In intense exercise is the metabolic acidosis which is one reason for the fatigue. Alkali ergogenic resources has been studied, it has been used with frequency strategy in an attempt to slow this acidosis and consequently fatigue. The objective of this study was to analyze the effects of alkali ergogenic resources in physical exercise and key ergogenic strategies used to mitigate acidosis. A survey was taken in the Scielo, Lilacs and Pubmed. Accepted papers talked about acidosis and exercise in adult humans of both gender from 1999. Despite the existence of conflicting results in the literature we conclude that the use of ergogenic bicarbonate has positive effects on exercise.

Keys words: Bicarbonate and exercise, bicarbonate consumption and exercise, metabolic acidosis, ergogenic resources and exercise, bicarbonate supplementation and exercise and metabolic acidosis and exercise.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	3
2. HIPÓTESE	11
3. RESPOSTAS GERAIS DO ORGANISMO	12
4. REGULAÇÃO ÁCIDO BASE.....	15
5. REGULAÇÃO ÁCIDO BASE E EXERCÍCIO	21
6. MÉTODO	23
7. RESULTADOS	24
8. DISCUSSÃO	31
CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXO	43

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos da formação acadêmica dos alunos de Educação Física, os estudantes aprendem que a prática regular de exercício físico traz benefícios em inúmeros aspectos, seja por melhoria física propriamente dita, ou por desenvolver aspectos sociais e psicológicos de modo que esses benefícios juntos são de real importância para que haja o estabelecimento de um modo de vida saudável ou que se obtenham resultados significantes nos esportes. Essas melhoras podem ocorrer em uma sessão de exercício físico agudo e melhoras ainda mais significativas no exercício físico crônico (MCARDLE, KATCH, e KATCH, 2002, 2003).

Nesta perspectiva, inúmeros trabalhos presentes na área de Educação Física realizados por pesquisadores que estudam o uso de recursos ergogênicos podem ser encontrados. Esses estudos servem para comprovar a eficácia de determinadas substâncias ou conseguir melhor desempenho de atletas profissionais e amadores.

Em exercícios físicos de grau moderado a intenso, o gasto de energia é alto e pode levar a um quadro de acidose elevado que prejudica o desempenho e deixa o atleta em fadiga mais rapidamente. A fadiga causada pela acidose metabólica é um dos principais fatores para deterioração do desempenho no exercício físico. Sendo assim, a ingestão de recursos ergogênicos pode ser um meio de atenuar os efeitos dessa acidose, porém não há consenso na literatura segundo Heigenhauser, G.J.F e Jones, N. (1991, p.183-212, citado por, MAUGHAN, 1999, p.265).

McArdle, Katch, e Katch (2003), mostram que quando um indivíduo sedentário realiza alguma atividade física que demande bastante tempo ou esforço, ele produz mais radicais livres como: superóxido (O_2^-) e peróxido de Hidrogênio (H_2O_2). Estas moléculas são altamente reativas que agem com outras células na destruição do DNA, proteínas e ácidos graxos da membrana celular. São também um fator que acelera o processo de aterosclerose por agirem com o colesterol LDL e causar lesões oxidativas musculares.

Contudo, os autores McArdle, Katch, e Katch (2003) ainda afirmam que, o organismo possui defesas antioxidantes como a enzima superóxido dismutase para combater os radicais livres, no entanto, essas defesas não são capazes de dar conta desses radicais em excesso que se formam no exercício físico mal planejado.

Porém, com a continuidade do exercício físico intenso ocorre à produção de substratos do metabolismo que devem ser eliminados como, por exemplo, a produção de lactato que é um co-produto da glicólise e o dióxido de carbono (CO_2) que também é liberado nesses processos, (WILLMORE e COSTILL, 2001). Com esses mecanismos anaeróbicos de produção de ATP,

muitos íons hidrogênio (H⁺) são formados elevando os níveis da acidose e dessa maneira, prejudicando a continuação do exercício. Essa deterioração da continuidade do movimento pela acidose ocorre por levar o sujeito a fadiga, esta segundo Green, (1990, p.13-35, citado por MCNAUGHTON, SIEGLE e MIDLEY, 2008, p.235), se manifesta como incapacidade de manter uma força ou velocidade pela demanda do que se está sendo exigido, podendo a fadiga ser expressa de forma multifatorial.

Para tanto, muitos treinadores junto com sua equipe usam de recursos ergogênicos para melhorar o desempenho dos atletas nos treinos e na competição (MAUGHAN, 1999), seja recuperando mais rapidamente os substratos usados como o glicogênio, e/ou diminuindo os efeitos da acidose. Diante deste quadro, surge na literatura o pensamento de que a ingestão de substâncias que possuam o poder de melhorar o tamponamento em atletas possa ser benéfica para o combate a acidose. Desse modo, segundo Artioli *et al.* (2006), muitos trabalhos foram realizados para estudar os efeitos ergogênicos das substâncias alcalinas no exercício físico, podendo ser citados estudos como os de: Price *et al.* (2003), Bishop *et al.* (2004) e Driller *et al.* (2013).

Acredita-se que se houverem realmente resultados positivos de acordo com os métodos avaliados com a ingestão de substâncias alcalinas, poderá ser encontrada uma forma eficaz de melhora do treinamento, uma vez que segundo a *World Anti-doping Agency* em sua recente lista de substâncias proibidas do ano de 2013, não há nenhuma proibição quanto ao uso de alguma substância ergogênica alcalina no esporte e portanto esse recurso ergogênico poderia ser amplamente utilizado.

Para tanto, o problema de pesquisa deste trabalho consiste da falta de consenso na literatura em demonstrar quais as principais estratégias ergogênicas alcalinas utilizadas no exercício físico, levando em consideração quais são os mecanismos de tamponamento que podem ser beneficiados para combater a acidose. Portanto, acredita-se que uma pesquisa bibliográfica acerca dos estudos feitos para verificar a eficiência do bicarbonato ergogênico é de real importância.

Diante do exposto, este trabalho terá por objetivo geral compreender os efeitos do uso de recursos ergogênicos alcalinos no exercício físico. E também, terá o objetivo específico de analisar as principais estratégias ergogênicas alcalinas utilizadas para atenuar a acidose no exercício.

Assim, depois de cumprido o objetivo geral e específico, espera-se compreender os mecanismos de tamponamento no exercício físico e os prejuízos da acidose no desempenho nas atividades físicas. Além de posteriormente, analisar os resultados que mostrarem ou não a eficácia do uso dessas substâncias e a partir disso chegar a uma consideração final sobre o uso ou não desse método em um programa de treinamento.

Espera-se que este trabalho seja capaz de sanar algumas dúvidas surgidas na graduação em Educação Física contribuindo para o aprendizado e agregando conhecimento para futuro profissional da área.

Acredita-se também que uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto pode contribuir em futuras pesquisas de modo que este estudo possa servir de norteador por analisar inúmeros processos experimentais sobre o tema e discutir se há ou não eficiência.

Este trabalho poderá favorecer não só os pesquisadores, mas também a treinadores que poderão aplicar os melhores métodos ergogênicos no treinamento de seus atletas para melhor resultado ou mesmo não se aventurarem nesse procedimento por julgarem a prática ineficaz.

Além do mais, espera-se que esta revisão de literatura poderá vir a agregar conhecimento para futuros estudantes em Educação Física ou mesmo de outras áreas do saber científico que possa eventualmente se interessar sobre o assunto.

2. HIPÓTESE

A hipótese desta pesquisa bibliográfica é que, os trabalhos presentes na literatura irão mostrar que a ingestão de bicarbonato antes de um exercício físico moderado é capaz de atenuar os efeitos da fadiga causada pela acidose metabólica.

3. RESPOSTAS GERAIS DO ORGANISMO

Uma sessão de exercício físico é capaz de aumentar a frequência cardíaca (FC) do indivíduo, consequentemente o volume sistólico de ejeção (VSE) também aumenta, além de o estresse do exercício físico estimular o sistema nervoso simpático fazendo com que haja vasodilatação, aumentando assim a perfusão de sangue e liberando nutrientes e oxigênio para produção de energia pelo ciclo de Krebs, dessa maneira o indivíduo encontra-se em estado estável de exercício físico (MCARDLE, KATCH e KATCH, 2002). Um dos benefícios que esses parâmetros podem trazer a pessoa é uma diminuição de sua pressão arterial pós-exercício no qual indivíduos hipertensos podem ser tratados com exercício como um recurso terapêutico a mais para sua condição.

Outro aspecto positivo de uma sessão de exercício físico agudo segundo Martins *et. al.* (2001) é o de melhorar o aspecto sono vigília. Pois no exercício há um gasto aumentado do substrato ATP (adenosina trifosfato), este é quebrado aumentando os níveis de ADP (adenosina difosfato) que por sua vez age no sistema nervoso central sendo um importante indutor do sono.

Portanto, uma simples sessão de treino agudo traz melhorias fisiológicas comprovadas, mas é no exercício físico crônico é que se pode notar alterações mais significantes e benefícios que o exercício físico pode trazer as pessoas. Neste caso, podem-se notar também nas diversas mídias e locais de trabalho como academias, que os efeitos da prática regular de exercícios físicos são explorados para diversas finalidades como estética, saúde, qualidade de vida e resultados nos esportes.

No treino crônico todas essas variáveis supracitadas estão presentes e, além disso, as alterações no organismo são feitas em longo prazo causando adaptações não só no momento da atividade física, mas no repouso também (WILLMORE, e COSTILL, 2001). Essas adaptações vão desde o processo bioquímico que ocorre em organelas até em nível dos sistemas como o sistema ósseo como mostra McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003).

Por exemplo, Stewart *et al.* (2002) afirma que, com o débito cardíaco (DC) aumentado, o sangue passa por todos os vasos sanguíneos do corpo com uma pressão maior causando um estresse de cisalhamento em capilares que estavam antes colabados sem perfusão de sangue adequada. Esse estresse de cisalhamento faz com que esses vasos se dilatem e formem uma nova rede de capilares, ou seja, permitem que as regiões sejam melhores irrigadas, fazendo com que mais nutrientes e oxigênio cheguem às células.

Outro aspecto relevante que ocorre com atletas de endurance segundo Ghorayeb, *et.al.* (2005) é a chamada hipertrofia excêntrica fisiológica do ventrículo esquerdo do coração. O autor fala que as adaptações melhoram a capacidade de fornecimento de oxigênio, pois aumenta o

tamanho da espessura da parede ventricular, aumento da complacência e aumento do tônus vagal que consequentemente diminui a FC durante o repouso.

Em relação à complacência, Constanzo, (2007) mostra que de acordo com as leis de Frank-Starling, o coração possui uma capacidade elástica que o faz ejetar com a mesma força a mesma quantidade de sangue que chega pelo retorno venoso, isso aumenta o DC e com o tempo faz com que haja uma hipertrofia excêntrica fisiológica da parede do coração, permitindo que o músculo fique mais forte e aumente sua complacência ao volume sanguíneo. Portanto, nesse processo a FC diminui, pois com menos batidas o miocárdio é capaz de bombear ao organismo a mesma quantidade de sangue, e ainda como explica Ghorayeb, *et.al.* (2005), a hipertrofia fisiológica do coração não acarreta riscos, diferentemente de uma hipertrofia patológica do miocárdio.

Entretanto, é necessário desmistificar o pensamento comum de que o ato de exercitar-se trará apenas benefícios, nota-se que até então foram usadas as palavras exercício físico e não atividade física, uma vez que exercício físico de acordo com a definição de Barbanti, (2003) é uma pratica realizada de forma sistematizada e planejada, ao passo que a atividade física é qualquer movimento feito pelos músculos esqueléticos que causem um gasto de energia maior que os valores basais (CASPERSEN, POWELL e CHRISTENSON, 2003). Portanto, essa definição levada à prática de exercícios não sistematizados e não planejados pode trazer muitos malefícios aos sujeitos, haja vista que mesmo o exercício físico mal estruturado também pode ocasionar agravos à saúde das pessoas seja em curto prazo ou em longo prazo.

McMahon e Jenkins (2002) mostraram que sujeitos que realizam exercício moderado a intenso onde o gasto energético é alto, torna necessário que o organismo precise ressintetizar ATP rapidamente para suprir a demanda da atividade. Desta forma, a célula passa a usar a creatina fosfato existente nos músculos para produzir energia, do mesmo modo, também ocorre à quebra do glicogênio muscular para realização da glicólise anaeróbica que segundo Campbell (2000), é constituída de 11 reações enzimáticas que produzem quatro moléculas de ATP, suprimindo assim, a necessidade do exercício intenso.

Dentre os exemplos de estudos está à ingestão de bicarbonato de sódio (Na^+HCO_3) que, de acordo com Guyton e Hall (2006), é o principal e mais importante tampão extracelular. Bem como estudos mais recentes também foram feitos com a ingestão de beta-alanina que, segundo Hill *et. al.* (2007), é precursor da carnosina que por sua vez é um importante dipeptídeo com ação tamponante intramuscular.

Guyton e Hall (2006), ainda explicam que um sistema tampão tem a capacidade de receber um íon H^+ de um ácido forte para torná-lo mais fraco, diminuindo a acidose do meio. Portanto, pensou-se que o aumento de bicarbonato de sódio no sangue, bem como o aumento da

síntese de carnosina proporcionaria um maior combate a acidose no exercício físico, diminuindo assim a fadiga e melhorando o desempenho.

Entretanto, ainda não se chegou a um consenso na literatura sobre os reais efeitos desse recurso em um processo de treino, pois encontramos artigos conflitantes com seus resultados. Segundo Portington *et. al.* (1998), não foi encontrado benefício no desempenho com a suplementação de bicarbonato de sódio sobre o fator acidose nos 15 indivíduos de seu estudo, estes realizaram cinco séries de 12 repetições na máquina leg press. Ao passo que em um clássico estudo de Lavender e Bird (1989), eles observaram melhora significativa no treino com ciclo ergômetro com a ingestão de bicarbonato de sódio.

Esse assunto é tão conflitante que, podem-se encontrar trabalhos de um mesmo pesquisador que tenha resultados diferentes, como é o caso do próprio Artioli *et. al.* Em sua pesquisa realizada no ano de 2006, observou que a ingestão de bicarbonato de sódio não melhorava o desempenho de atletas de judô nas lutas. Ao passo que o mesmo Artioli *et. al.* em estudo no ano seguinte (2007), também com a ingestão de bicarbonato de sódio em atletas de judô utilizando não mais método de avaliação em lutas, mas uma metodologia mais específica para modalidade como número de tentativas de arremesso e teste de wingate para os braços, observou melhora do desempenho desses atletas, isto é, dessa vez a ingestão de bicarbonato de sódio mostrou ter resultado. Isso mostra como existem inúmeras linhas de raciocínio a respeito da eficácia desses recursos ergogênicos e que de acordo com a variabilidade do método seguido, resultados diferentes são encontrados.

4. REGULAÇÃO ÁCIDO BASE

Como afirma Guyton e Hall (2011), o controle do íon hidrogênio (H^+) no organismo humano é tão importante quanto o controle de outros íons e substâncias como sódio, potássio, cálcio, dentre outras, pois esta influência o funcionamento de quase todos os sistemas. Isto é, a regulação perfeita desses íons faz com que o organismo esteja sempre em condições ótimas para desempenhar suas funções.

A importância da regulação dos íons H^+ se dá, pois ele é responsável por deixar o pH do meio mais ácido ou mais básico (MENÉNDEZ, 2006), de forma que o organismo necessita de uma faixa ideal no pH para funcionar (CONSTANZO, 2007). O pH nada mais é segundo os livros textos como o dos próprio Guyton e Hall (2011), o cálculo feito para poder entender melhor como está a variação de íons H^+ na solução, dando-se a unidade pH a quantidade de H^+ . McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003) demonstram que a escala do pH vai de 0 até 14. Exemplificando, o pH neutro, ou seja, o pH que se encontra em condições normais não sendo ácido e nem básico dentro da escala corresponde ao valor de 7. Entretanto, valores menores que 7 denotam uma acidez maior ao meio, enquanto pH maior que 7 denotam um pH básico ou alcalino. Essa afirmação é corroborada por Menéndez, (2006), que diz que valores baixos de pH ocasionam em acidez e que valores altos de pH se define como alcalemia.

Atkins *et. al* (1969), demonstra a seguinte fórmula para o cálculo do pH:

$$\left(pH = \log \frac{1}{[H^+]} - \right)$$

É importante que se faça essa fórmula para determinação do pH, pois os autores já citados afirmam que fica mais simples trabalhar com os números muito pequenos das concentrações de H^+ que existem no organismo. Constanzo, (2007) e Guyton e Hall (2011), mostram o seguinte exemplo: a concentração de H^+ no sangue arterial é de cerca de 40 nEq/L, ou seja, 0,00004 mEq/L. Ao passo que o sódio presente no sangue arterial é de cerca de 142 mEq/L. Nota-se o quão alta é a diferença na quantidade do H^+ em relação aos outros íons. No entanto, pequenas variações de H^+ aumentam ou diminuem exponencialmente estes íons em relação ao sódio. Sobretudo, entende-se que a concentração de H^+ não fica maior que a de sódio, mas que a variação do H^+ é muito maior que a do sódio.

Uma vez entendendo que fica mais simples lidar com o equilíbrio ácido básico em escala de pH, Riverón Corteguera, e Mena Miranda, (2000), alertam que há de ficar clara a relação inversa existente entre os números da escala e a quantidade de íons H^+ na solução. Na conta proposta por Atkins *et. al* (1969), nota-se o sinal de negativo na equação, demonstrando uma relação inversa dos valores. Por exemplo, na escala de 0 a 14, 7 é neutro, portanto há equilíbrio na quantidade de H^+ . Porém, Riverón Corteguera, e Mena Miranda, (2000), ainda explicam que quando se adiciona mais H^+ no meio, o valor de pH tende a cair e ficar menor que 7. Caso se retire da solução H^+ , o pH tende a subir para valores maiores que 7.

Constanzo, (2007), afirma que o organismo humano pode produzir ácidos fixos e ácidos voláteis. Os chamados ácidos voláteis é o CO_2 , isto é, um dos produtos finais do metabolismo aeróbio das células segundo o próprio Constanzo, (2007). Este uma vez no sangue reage com a água (H_2O) com a ajuda da enzima anidrase carbônica, formando o ácido carbônico (H_2CO_3). As hemácias então capturam o H_2CO_3 e dentro delas ocorre à transformação em HCO_3^- e H^+ (GUYTON e HALL, 2011). Logo, as hemácias transportam essas moléculas até os pulmões e com ajuda também da enzima anidrase carbônica ocorre uma reação reversa, tornando novamente em CO_2 e H_2O , e finalmente o CO_2 e a H_2O são expelidos na expiração (MCARDLE, KATCH, e KATCH, 2002, 2003). Por exemplo, no exercício físico onde o metabolismo e a produção de CO_2 está maior pode ocorrer mudanças no pH sanguíneo, veja o exemplo dado por Menéndez, (2006), se a pressão parcial de CO_2 (PCO_2) estiver aumentada em 10 mmHg, o pH diminuirá 0,05 unidades devido a produção de H_2CO_3 .

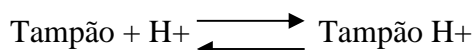
Já os ácidos fixos são aqueles formados por processos metabólicos ou ingeridos na dieta (ÉVORA *et al.*, 1999) e que diferentemente do CO_2 não serão expelidos. Portanto, esses ácidos deverão ser tamponados, como o ácido fosfórico, o ácido sulfúrico e o mais importante para este trabalho, os íons H^+ gerados no exercício físico intenso (ROBERT, e SCOTT, 2002 e CONSTANZO, 2007). Menéndez, (2006), afirma que o acúmulo desses ácidos devido à diminuição da excreção renal, ou pela diminuição dos níveis de HCO_3^- no sangue por algum problema nos rins ou pelo uso excessivo de HCO_3^- para tamponar esses ácidos, pode levar a um quadro chamado de acidose metabólica, no qual o pH do sangue tende a cair, com possíveis riscos a saúde.

Importante salientar que Riverón Corteguera, e Mena Miranda, (2000) alertam para o uso correto dos termos, acidemia e alcalemia. Estas são palavras que denotam alterações agudas e que necessariamente ocorre aumento ou diminuição dos íons H^+ com mudança no pH sanguíneo, um exemplo que se pode mostrar seria em uma sessão de treinamento físico, onde as alterações no pH são acidemias. Ao passo que acidose e alcalose são crônicas com aumento dos íons H^+ com ou sem alteração do pH, por exemplo, em uma acidose respiratória crônica há uma compensação para manter o pH, porém não mantém a pressão parcial de CO_2 normal (MENÉNDEZ, 2006). Évora *et*

al (1999), mostra que as concentrações sanguíneas normais de HCO_3 e PCO_2 são respectivamente de aproximadamente 24 mEq/L e de 40 mmHg, fazendo com que o pH ótimo do sangue seja de aproximadamente 7,4. Constanzo, (2007), ainda mostra o seguinte exemplo: se há algum problema e a PCO_2 é de 60 mmHg e o HCO_3 por mecanismos compensatórios seja de 36 mEq/L o pH ainda seria de 7,4. Um exemplo claro de acidose sem alteração no pH.

Em diversos livros textos encontram-se expressões como tamponamento e ácidos e bases forte e fraca. Segundo Campbell, (2000), Constanzo, (2007) e Guyton e Hall (2011), ácidos fortes são aqueles que liberam uma grande quantidade de íons hidrogênio, como o ácido clorídrico presente no estômago, ao passo que um ácido fraco libera íons hidrogênio em quantidades menores, como o ácido carbônico (H_2CO_3). Ainda de acordo com Campbell, (2000), Constanzo, (2007) e Guyton e Hall (2011), eles demonstram que as bases funcionam com o mesmo princípio: bases fortes são aquelas que possuem uma alta capacidade de receberem íons hidrogênio como a hidroxila (OH), do mesmo modo que uma base fraca tem uma capacidade de receberem menos íons hidrogênio como o bicarbonato (HCO_3). Évora *et. al* (1999) e McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003), explicam que tamponamento é um termo usado para substâncias que impedem que haja diferença nas concentrações de ácidos (H^+) e bases (OH) em uma solução, fazendo ocorrer mudanças mínimas ou nenhuma no pH.

Portanto é fundamental que haja um equilíbrio ácido base para o funcionamento correto do organismo. Harris, (2001) e Guyton e Hall (2011), mostram a seguinte classificação de Bronsted-Lowry para melhor entendimento desse equilíbrio:



As reações ocorrem nos dois sentidos, então se há mais ácido ele se conjuga com as bases e a reação tende a ir para a direita, se há mais base ele se dissocia em ácidos fracos e a reação tende a se deslocar para a esquerda. Para saber em qual sentido a reação vai seguir é necessário conhecer a taxa de dissociação de H^+ dos ácidos e bases (GUYTON e HALL, 2001). Muitos autores chamam essa constante de equilíbrio de constante de dissociação K. Porém, por trabalhar com os valores de íons hidrogênio, é consenso usar assim como no pH, a aplicação de logaritmo. Previdello, *et al.* (2006), Constanzo, (2007) e diversos autores, demonstram que essa aplicação segue as seguintes equações de Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \text{ (unidade de pH)}$$

$$\text{pK} = -\log_{10} (\text{unidade de pH})$$

Sendo a forma final desta equação:

$$pK = pH + \log \frac{[ácido]}{[base]}$$

Simplificando, Previdello, *et. al* (2006), explica que valores altos de K (constante de dissociação de equilíbrio) mostram que determinado ácido dissocia uma maior quantidade de H⁺, sendo portanto um ácido forte. E baixos valores de K a capacidade de dissociação é baixa, sendo um ácido fraco. No entanto, assim como o pH devido a aplicação de -log, entende-se que altos valores de pK denotam baixas dissociações e baixo pK, apresenta alta capacidade de dissociação. Então, o processo de tamponamento consiste em transformar ácidos e base fortes que tem alto poder de dissociação em ácidos e bases fracos com menor poder de dissociação, fazendo com que haja o mínimo de alteração no pH de uma solução. Sendo assim, quanto mais próximo do pH ideal (por exemplo o sangue 7,4 unidades de pH) seja o valor de pK de uma substância, maior será seu poder de tamponamento (GUYTON e HALL, 2011).

A faixa ideal de pH no sangue é de aproximadamente 7,4 unidades de pH, no sangue venoso é de pH 7,3 devido as altas concentrações de CO₂ e no músculo de 7, sendo a variação ainda compatível com a vida de 6,8 até 7,8 unidades de pH, segundo McNaughton, Siegle e Midley (2008) e Prieto de Paula, *et. al* (2011). Como dito anteriormente, as alterações que ocorrem com o H⁺ podem levar a grandes diferenças no pH. Felizmente, o organismo humano predispõe de mecanismos regulatórios muito eficazes para controlar essas mudanças. Esses mecanismos são os tampões químicos e compensação respiratória que são os tampões mais rápidos e controlam as mudanças de pH mais agudas, e o tampão mais potente que são os rins, porém com ação crônica (ÉVORA *et. al*, 1999, RIVERÓN CORTEGUERA, e MENA MIRANDA, 2000, PREVIDELLO, *et. al* 2006 e MENÉNDEZ, 2006).

Os tampões químicos estão localizados nos compartimentos extras e intracelulares e são aqueles que reagem rápido as mudanças de pH, principalmente as realizadas pelos os ácidos fixos (MENÉNDEZ, 2006). Dentre os muitos tampões químicos, os de maior destaque na literatura, ou seja, os que mais são encontrados em livros textos são algumas proteínas como hemoglobinas, os fosfatos e o bicarbonato.

Acerca dos tampões proteínas, Riverón Corteguera, e Mena Miranda, (2000) e Constanzo, (2007), afirmam que a hemoglobina é o principal, pois está em grande quantidade e seu grupo histidina permite captar CO₂. E afirmam que esse CO₂ é misturado com a água (H₂O), formando H⁺ e HCO₃ e nos pulmões ocorre à reação reversa e o CO₂ é então expirado. Além disso, o valor de pK da desoxiemoglobina é de 7,9, estando em faixa fisiológica muito eficaz.

O fosfato não tem grande relevância como tampão extracelular devido sua baixa quantidade, entretanto, ele é muito importante no meio intracelular e principalmente no líquido tubular renal (GUYTON e HALL, 2011). Além do mais, os autores já citados mostram que apesar do valor de pK do HCO_3 ser de 6,1 e a base (bi fosfato - HPO_4) para o fosfato ser de 6,8, o HCO_3 ainda é o mais importante tampão extracelular. Isso ocorre porque o HCO_3 está em maior quantidade no sangue, por sua forma ácida ser o CO_2 , isto é, um ácido volátil que pode ser eliminado na expiração e pelo sistema do bicarbonato ser controlado pelos rins, pois como ainda afirma Guyton e Hall (2011), os rins reabsorvem quase 100% do HCO_3 filtrado e excreta o H^+ em excesso, porém se há algum distúrbio, os rins podem excretar mais HCO_3 e diminuir a excreção de H^+ .

Sobretudo, é de se notar que, o sistema tampão do HCO_3 é um dos mais importantes, pois está intimamente ligado aos mecanismos de compensação respiratória. Como já mostrado, quando se aumenta os níveis de CO_2 ou H^+ no sangue, esses ácidos reagem com o HCO_3 formando o ácido fraco H_2CO_3 , portanto de acordo com Constanzo, (2007), caso não houvesse um jeito de eliminar esse ácido e junto com a diminuição do HCO_3 , o pH no sangue cairia para 6,06. Assim, Prieto de Paula, *et. al* (2011), fala que quando há um aumento da PCO_2 , há estimulação de quimioceptores centrais e periféricos que estimulam os centros respiratórios e há uma hiperventilação. Essa hiperventilação libera o CO_2 em excesso normalizando a PCO_2 e o pH. Outro agente tampão que vem ganhando espaço na literatura é a carnosina. De acordo com Hill *et. al*. (2007), ela é um dipeptídeo formado a partir da β -alanina presente no sangue e é encontrada em diversos tecidos, mas principalmente na célula muscular. Artioli, *et. al* (2010) e Bellinger, *et. al* (2012), falam ainda que o poder de tamponamento da carnosina é muito eficaz, e que inclusive já foi testada em diversos animais. Demonstram também que atletas de modalidades predominantemente anaeróbicas e que, portanto, tem uma capacidade de tamponamento elevada, possuem um maior estoque desses dipeptídeos intramuscular.

É importante também demonstrar que a ingestão oral de bicarbonato é de rápida absorção pelo intestino, sendo rapidamente levado para o sangue. Isso ocorre em cerca 15 minutos e a duração de seus efeitos é de 1 ou 2 horas (LELKIN, PALOUCEK, 2013).

Resumindo, o excesso ou a falta de H^+ torna uma solução ácida ou alcalina. Sua unidade de medida é o pH e mínimas mudanças nas concentrações de H^+ alteram drasticamente o pH, essas mudanças podem ocorrer mais intensamente pelos ácidos e base fortes em uma solução, ou ocorrem de forma mais branda com a adição de ácidos e base fracas. Valores de pK demonstram o quanto um ácido é capaz de dissociar íons H^+ e o quanto as bases podem receber esses íons. Felizmente o organismo dispõe de mecanismos muito eficazes para controlar os íons hidrogênicos e as mudanças no pH: os tampões químicos que podem ser intra e extracelular, compensação

respiratória e os rins. O bicarbonato é o tampão mais importante, pois é regulado pelos rins e tem uma grande ajuda com o sistema de compensação respiratória pela manutenção da pressão parcial de CO₂ pelo aumento da ventilação. Porém, há situações em que ocorrem distúrbios sem mudança de pH sanguíneo, como na acidose metabólica (MENÉNDEZ, 2006).

5. REGULAÇÃO ÁCIDO BASE E EXERCÍCIO FÍSICO

Entendendo os mecanismos da fisiologia ácido base é necessário que se conheça as alterações que ocorrem no organismo durante o exercício intenso. Diversos autores já citados mostram que há alterações no pH em exercícios anaeróbios, ou seja, exercícios de alta intensidade. Portanto, é importante falar sobre o limiar anaeróbio (Lan), que segundo a definição de Barbanti, (2003) é o ponto no qual a produção de lactato é maior do que sua remoção.

Como dito anteriormente, no exercício intenso o organismo precisa de ressíntese rápida de ATP e então criva moléculas de glicose para desencadear as reações da glicólise. Inúmeros livros textos tais como os clássicos McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003) e Campbell (2000) demonstram que o produto final da glicólise é a molécula de piruvato. Robert, e Scott, (2002) e os próprios McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003), mostram que na presença de oxigênio, ou seja, em exercício em ritmo estável, esse piruvato é convertido em acetil-CoA e entra na mitocôndria para fazer rodar o ciclo de crebs, este que é um processo mais lento de produção de energia.

No entanto, no exercício intenso Robert, e Scott, (2002) e Powers, e Howley, (2005), alertam para o processo chamado potencial de redox. A co-enzima NAD é muito importante para as reações da glicólise, pois esta além de permitir que a reação ocorra, ainda captura 2 íons H^+ tornando-se $NADH H^+$. Em situações confortáveis, esses íons acabam indo para a cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria, porém em intensidades elevadas é necessária que $NADH H^+$ se renove e se torne novamente NAD para que volte e ajude a quebrar outra molécula de glicose. Para que isso possa ocorrer, o piruvato recebe os íons H^+ regenerando o NAD e consequentemente, o piruvato acaba se convertendo em uma molécula de lactato, caracterizando desta maneira o potencial de redox.

Portanto, o excesso da produção de lactato e H^+ podem causar acidose e levar a fadiga, encontrando-se na literatura que o ponto no qual se dá o Lan é quando está em 4 mmol/L de sangue, valor este demonstrado por inúmeros livros textos e corroborado por Faude, Kindermann, e Meyer, (2009).

Deste modo, com o pH diminuindo, entra em ação o mecanismo de tampão do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$). Está claramente descrito no livro de Robert, e Scott, (2002) a seguinte reação: o lactato reage com o sal do $NaHCO_3$ formando lactato de sódio, assim doa os 2 íons hidrogênio formando também ácido carbônico H_2CO_3 . Este H_2CO_3 , por mecanismos já descritos neste trabalho se converte em CO_2 e H_2O com a ajuda da anidrase carbônica, e segundo Willmore, e Costill, (2001), aumenta a frequência da ventilação para expelir esse CO_2 formado. Por isso, é possível ver indivíduos ofegantes logo após a realização de alguma atividade intensa para ele.

Entretanto, de encontro ao pensamento clássico de que o lactato causa acidose, Gladden, (2004), afirma que o lactato não causa acidose o que realmente causa é o H^+ . Ainda mostra que o lactato ajuda na produção de energia por neoglicólise e contribui para diminuição do pH intramuscular por permitir o potencial de redox e permitir efluxo de H^+ via transportadores monocarboxilatos (MCT).

Heil, Jacobson, e Howe, (2012) falam que quando a produção de H^+ excede a capacidade da célula o pH pode diminuir e ocasionar fadiga. Para complementar essa afirmação, Gladden, (2004), enuncia alguns mecanismos que podem ocorrer com o excesso de H^+ como, não ligação do cálcio nas enzimas actina e miosina, diminuição da velocidade de contração, diminuindo a recaptção de cálcio pelo sarcoplasma, entre outros.

Entretanto, Thomas, *et al* (2012), mostram 3 mecanismos nos quais a célula pode liberar estes H^+ , os MCT já citados, os trocadores Na^+/H^+ que quanto maior o gradiente de pH maior é a saída de H^+ e maior o influxo de Na^+ e o sistema dependente de bicarbonato que também funciona com gradiente, porém troca-se o bicarbonato junto do H^+ formando ácido carbônico e em seguida H_2O e CO_2 .

6. MÉTODO

O estudo foi uma pesquisa bibliográfica feita nas dependências da Universidade Federal de São Paulo, Campus Baixada Santista, Rua Silva Jardim, onde foram consultadas as seguintes bases de dados online: Pubmed, Scielo e Lilacs. Estabelecendo como palavras chave de busca: bicarbonato e exercício, suplementação de bicarbonato, *ingestion bicarbonate exercise* e *supplementation bicarbonate* para composição dos resultados e acidose metabólica, ingestão de bicarbonato e exercício e acidose metabólica e exercício para revisão de literatura.

Esses descritores foram combinados para melhorar a qualidade da pesquisa. Foram também consultados livros que junto aos artigos serviram para esclarecimento de conceitos, como: pH, pK, constante de dissociação, acidoses e alcaloses, acidemias e alcalemias, ácidos fortes e fracos, tamponamento e mecanismos de tamponamento. Bem como a partir dos artigos encontrados foi buscado nas próprias referências artigos que tratassem do assunto e colaboraram com a pesquisa. Artigos de anos anteriores foram consultados de acordo com a necessidade e devidamente citados para composição da revisão. Para critério, foram aceitos artigos que versassem sobre temas clássicos e que os autores serviram de base para construção do conhecimento atual, como Atkins *et. al* (1969) e suas explicações sobre o pH.

Para critério de inclusão foram aceitos artigos que abordassem o tema exercício físico e ingestão de bicarbonato com ênfase no desempenho, outras variáveis que não o desempenho foi excluído, artigos que tiveram a ingestão de bicarbonato junto com outra substância sem separação também foram excluídos. A pesquisa foi limitada para metodologias usadas em seres humanos adultos sem restrição de gênero a partir de 1999. Foram incluídos somente artigos provenientes de periódicos que possuíssem política de livre acesso.

Foram analisadas as metodologias usadas em cada artigo, bem como seus objetivos e resultados.

Este trabalho foi submetido de acordo com as regras vigentes ao Comitê de Ética da Universidade Federal de São Paulo sob o N. 0620/09 (anexo).

7. RESULTADOS

Para as palavras chaves utilizadas, foram encontrados 81 artigos nas bases de dados e para as palavras chaves suplementação de bicarbonato e *supplementation bicarbonate and exercise*, foram encontrados 59 artigos. Destes, foram selecionados 28 artigos dos quais 19 apresentaram efeitos positivos no desempenho com bicarbonato ergogênico e 9 apresentaram resultados negativos no desempenho com bicarbonato ergogênico.

A Tabela 1 ilustra todos os itens que foram levados em consideração ao analisar os artigos selecionados, sendo nome do autor, ano do estudo, objetivos, métodos e resultados para o desempenho para o bicarbonato.

Tabela 1: Resultados encontrados sobre os efeitos da ingestão de bicarbonato de sódio e exercício no desempenho.

NOME DOS AUTORES	DATA	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADO PARA O BS ¹
TOBIAS, G. <i>et al</i>	Agosto de 2013	Investigar os efeitos da BA ² e BS em praticantes de jiu-jítsu	37 pessoas. 4 grupos, GP ³ , GBA ⁴ , GBS ⁵ e GBA+GBS, teste de wingate para MMSS ⁶ com 3min para recuperação durante 4 semanas.	POSITIVO
MUELLER, S.M. <i>et al</i>	Março de 2013	Investigar a resposta aguda do BS em ciclista e triatletas na PC ⁷	8 pessoas, prévia aferição de PC, 5 dias de provas de ciclismo até a exaustão. Ingestão de 0,3g.kg de BS 90min antes.	POSITIVO
CARR, B.M.	Março de 2013	Investigar os efeitos da ingestão de BS nos MMII ⁸ em treino resistido	20 pessoas treinadas, agachamento, leg press e cadeira extensora 4 séries de 10-12 repetições, 0,3g.kg de BS 60min antes	POSITIVO
DRILLER, M.W. <i>et al</i>	Fevereiro de 2013	Verificar o desempenho de remadores no treino HIT ⁹ durante 4 semanas de suplementação de BS	12 pessoas treinadas em 2 grupos, GC ¹⁰ e GP, , 4 semanas de HIT com 2 sessões por semana, após 90min da ingestão de 0,3g.kg de BS	NEGATIVO
HIGGINS, M.F. <i>et al</i>	Janeiro de 2013	Comparar a capacidade de não-ciclistas a 100%, 110% e 120% do VO2 pico até exaustão	10 pessoas, 9 dias em laboratório, teste incremental em cicloergômetro, início 70W e aumento de 35W a cada 3min. 60min após ingestão de 0,3g.kg de BS	POSITIVO
KILDING, A.E.; OVERTON, C.; GLEAVE, J.	Junho de 2012	Verificar os efeitos da ingestão de cafeína e BS juntos e separados no tempo de ciclistas em 3km	10 ciclistas treinados, duração 14 dias, tempo de ingestão das substâncias antes do teste 90min sendo 0,3g.kg, cicloergômetro de 3km contra o tempo 3km	POSITIVO
KUPCIS, P.D. <i>et al</i>	Março de 2012	Analisar o efeito do BS no desempenho e na reidratação em remadores	7 homens treinados, familiarização de 2 semanas, redução da MC ¹⁰ em 4% 24h antes, teste de esforço máximo em remo	NEGATIVO

			de elite	ergômetro contra o tempo por 2km em 2 dias separado por 4 dias, ingestão de 0,3g.kg de BS 90min antes	
ZABALA, M. <i>et al</i>	Dezembro 2011	de	Analisar os efeitos da ingestão de BS e EP ¹² em piloto de MotoCross BMX	10 homens treinados. Ingestão de 0,3g.kg 90min antes, 15 min de recuperação entre cada teste, teste de saltos em ergojump para ver a potencia em 3 testes de wingate de 30s.	NEGATIVO
CARR, A.L.; GORE, C.J.; DAWSON,B.	Outubro de 2011		Verificar os efeitos da ingestão de cafeína e BS juntos e separados no tempo de remadores em 2km	8 pessoas treinadas, duração por 3 semanas, teste 4x2km em remo ergômetro com ensaios, intervalo de 48h de recuperação, 0,3g.kg de BS 90min antes	NEGATIVO
ZINNER, C. <i>et al</i>	Agosto de 2011		Analisar os efeitos da ingestão de BS em corridas de alta intensidade	11 pessoas treinadas, teste incremental em rampa com 2W.kg durante 2min e a cada 30s 20W até exaustão, ingestão de BS 0,3g.kg 90min antes	POSITIVO
SIEGLER, J.C. e GLEADALL-SIDALL, D.O.	Novembro 2010	de	Analisar os efeitos da ingestão de BS em corridas em não atletas	6 homens e 8 mulheres, GC e GP, ingestão de BS 0,3g.kg 2h30min antes, nado crawl 8x25m com 5 seg de descanso entre os tiros	POSITIVO
WU, C.L. <i>et al</i>	Outubro de 2010		Verificar os efeitos do BS nas habilidades de desempenho de jogadores de tênis em um match	9 garotos treinados, 0,3g.kg de BS, o match foi de 12 games e avaliou recebimento e serviço usando movimentos <i>fourhand</i> e <i>backhand</i> , ataque eram válidos pontos em marcas no chão e recepção de 15 bolas por minuto	POSITIVO
CAMERON, S.L. <i>et al</i>	Agosto de 2010		Analisar os efeitos fisiológicos, gastrointestinais e corrida	25 pessoas treinadas, ingestão de 0,3g.kg 60-120min antes, teste específico RSRST ¹³⁻	NEGATIVO

			do BS em jogadores de Rúgbi		
TAN, F. <i>et al</i>	Junho de 2010		Verificar os efeitos do BS no desempenho no pólo aquático	20 jogadoras treinadas, ingestão de BS 0,3g.kg 90min antes, MST ¹⁴ de 59min	NEGATIVO
VANHATALO, A. <i>et al</i>	Março de 2010		Verificar os efeitos do BS acima da PC em teste de 3min em bicicleta	8 pessoas, 3 semanas, 2 testes separados por 24h, cicloergômetro em rampa, 3m corrida com acréscimos de 30W.min, mantendo a cadencia de 80-90rpm ¹⁵ até a exaustão, 0,3g.kg de BS 60min antes	NEGATIVO
SIEGLER, J.C. KRISTIAN, H.	e Janeiro de 2010		Verificar os efeitos do BS no desempenho no Boxe	10 pessoas, 0,3g.kg de BS 60 min antes, 1 semana testes 2 <i>sparring</i> com monitoramento da FC, EP, e eficácia do soco, 4 rounds de 3min e separados por 1min de recuperação	POSITIVO
ZAJAC, A. <i>et al</i>	Março de 2009		Verificar os efeitos do BS no desempenho de nadadores	8 pessoas treinadas, 4x50m nado crawl no máximo com 1min descanso entre as séries, após 72 horas teste de 3x25m com prévio aquecimento moderado contínuo de 300m, 0,3g.kg, 90min antes	POSITIVO
LINDH, A.M. <i>et al</i>	Junho de 2008		Verificar os efeitos da ingestão de BS em 200m nado livre	9 nadadores treinados, 3 testes de 200m nado livre ao máximo, um sem suplemento, com BS, com PL, 0,3g.kg de 60-90min antes	POSITIVO
PRUSCINO, C.L. <i>et al</i>	Abril de 2008		Verificar os efeitos da ingestão de cafeína e BS juntos e separados nos 200m nado livre	6 nadadores treinados, 2 testes separados por 30min de 200m nado livre contra o tempo, ingestão de BS 7 doses ao longo de 90 min sendo uma com CHO ¹⁶ 2h antes para minimizar desconforto 0,3g.kg	POSITIVO

ARTIOLI, G.G. <i>et al</i>	Abril de 2007	Verificar os efeitos da ingestão de BS no desempenho de atletas de judô	Teste 1, 9 atletas, 3 ataques específicos usando o protocolo SJFT ¹⁷ , teste 2, 14 pessoas 4 ataques no teste wingate desenhado especificamente para MMSS duração de 30seg e 3min de recuperação, 0,3g.kg 2h antes	POSITIVO
ARTIOLI, G.G. <i>et al</i>	Novembro de 2006	Investigar os efeitos da ingestão de BS no desempenho de atletas de judô	7 homens treinados, 0,3g.kg 120min antes, 3 lutas de 5min, 15 min de recuperação passiva	NEGATIVO
DOUROUDOS, I.I. <i>et al</i>	Outubro de 2006	Investigar dose crônica de BS no desempenho em ciclo ergômetro	5 dias, GP, GBS 0,3g.kg, GBS 0,5g.kg, teste de wingate 50W iniciais com aumento de 50W a cada estágio	POSITIVO
EDGE, J.; BISHOP, D.; e GOODMAN, C.	Setembro de 2006	Investigar dose crônica de BS no desempenho em treino intervalado	16 mulheres não treinadas, 8 semanas 3x por semana, suplementação de BS 0.2mg.kg x 2, 90 min antes, testes em ciclo ergômetro, intervalado de 2min com aumento da intensidade a cada 2 semanas e 1min de recuperação entre as séries	POSITIVO
BISHOP, D. e CLAUDIUS, B.	Março de 2005	Investigar os efeitos da ingestão de BS em teste de corrida intervalado	7 mulheres treinadas, 2 doses de 0,2g.kg 90 min antes, em ciclo ergômetro, 2 metades de 36min, 4seg de tiro máximo, 100seg de recuperação ativa a 35% do VO2pico e o fechamento do bloco 20s de descanso passivo completando um bloco de 2min	POSITIVO
BISHOP, D. <i>et al</i>	Março de 2004	Investigar os efeitos da ingestão de BS em teste de corrida de ciclismo intervalada	10 mulheres não treinadas, 0,3g.kg 90min antes, teste de 5x6s a cada tiro no cicloergometro 30seg de descanso	POSITIVO

PRICE, M.; MOSS, P.; RANCE, S.	Agosto de 2003	Investigar os efeitos da ingestão de BS em exercício intervalado	8 homens, 0,3g.kg 60 min antes, ciclo ergômetro 10 blocos de 3min sendo 90seg a 40% , 60seg a 60% e 14s seg no VO2máximo sendo 16s de descanso ativo a 40% do VO2máx	POSITIVO
STEPHENS, T.J. <i>et al</i>	Abril de 2002	Investigar os efeitos da ingestão de BS em exercício em endurance	6 homens treinados, 0,3g.kg 2h antes, 30min de exercício em ergômetro a 77% do VO2pico, seguidos de mais 30min com gasto energético aproximado de 469kj em ergômetro	NEGATIVO
MCNAUGHTON, L. <i>et al</i>	Setembro de 1999	Investigar dose crônica de BS no desempenho em ciclo ergômetro em alta intensidade	8 pessoas, 0,5g.kg de BS por 5 dias 4 vezes por dia, 60seg de alta intensidade em ciclo ergometro	POSITIVO

Legenda: BS¹=bicarbonato de sódio, BA²=beta-alanina, GP³=grupo controle, GBA⁴=grupo beta-alanina, GBS⁵=grupo bicarbonato de sódio, MMSS⁶=membros superiores, PC⁷=potência crítica, MMII⁸=membros inferiores, HIT⁹=high intensity training, GC¹⁰=grupo controle, MC¹¹=massa corporal, EP¹²=esforço percebido, RSRST¹³= rugby-specific repeated-sprint test, MST¹⁴=match-simulation test, RPM¹⁵=repetições por minuto, CHO¹⁶=carboidrato, SJFT¹⁷=Special Judo Fitness Test.

8. DISCUSSÃO

O presente estudo confirma a hipótese de que o uso ergogênico de bicarbonato para o treinamento físico tem resultados positivos. Nota-se que os testes dos artigos utilizaram a ingestão de bicarbonato em quantidades de 0,2g.kg e 0,3g.kg de massa corporal de 60 a 90 minutos antes dos exercícios. Isso está de acordo com os achados feitos por Siegler, *et al* (2010) no qual faz uma pesquisa para saber qual é a melhor dosagem e o melhor tempo de ingestão de bicarbonato, sendo que segundo os autores, 0,2g.kg tem resultados melhores quando ingerido 40 a 50 minutos antes do exercício enquanto 0,3g.kg há melhor resultado quando ingerido de 60 a 90 minutos antes.

Uma meta análise realizada por Carr, Hopkings, e Gore, (2011), tiveram como objetivo analisar os efeitos agudos da ingestão de cloreto de amônio, citrato de sódio e bicarbonato de sódio. Eles mostram também que a ingestão de bicarbonato de sódio tem uma melhor eficiência sendo tomada em 0,3g.kg de 60 a 90 minutos antes do exercício.

Entretanto, dos artigos pesquisados alguns não seguiram essas recomendações e mesmo assim encontraram resultados positivos. McNaughton, *et al* (1999) e Douroudos, *et al* (2006), fizeram protocolos crônicos de suplementação de bicarbonato, utilizando doses de 5g.kg de massa corporal por 5 dias.

Edge, Bishop, e Goodman, (2006) utilizaram 0.2mg.kg x 2 por 8 semanas e Thomas, *et al* (2013), realizaram testes para membros superiores (MMSS) em atletas de jiu-jítsu, entretanto, não foi bem esclarecido em seu método a quantidade da dose e o tempo aplicado. Assim como WU, *et al* (2010), que não especificou o tempo da aplicação da ingestão. Ou seja, todos os autores citados neste parágrafo experimentaram exercícios de alta intensidade.

De acordo com Gladden, (2004) e Thomas, *et al* (2012), a membrana do músculo esquelético possui MCT capazes de fazer a troca de lactato e H⁺ com o meio intra e extracelular. Thomas, *et al* (2012), ainda afirmam que o exercício agudo pode diminuir a quantidade de MCT's no sarcolema até 30 minutos depois de iniciado a sessão.

Entretanto, os conteúdos desses MCT aumentam após aproximadamente 24 horas. Assim, os trabalhos de McNaughton, *et al* (1999) e Douroudos, *et al* (2006), podem ter tido os efeitos crônicos tanto do ajuste de pH pela ingestão de bicarbonato quanto pelo aumento dos MCT.

Outros autores ainda obtiveram resultados positivos com administração das doses em tempos diferentes tais como, Pruscino, *et al* (2008) Siegler, e Gleadall-Sidall, (2010), 7 doses ao longo de 90 minutos e ingestão 2 horas e 30 minutos antes do exercício respectivamente. Ambos fizeram testes com nadadores, consistindo em treino de nado livre intenso.

Além do mais, segundo apontado por Portington, *et al* (1998), em exercícios exaustivos dos quais utiliza-se grande parte da musculatura corporal faz com que o uso de bicarbonato seja mais eficiente. Isso corrobora com os achados de Robergs, Ghiasvand, e Parker, (2004), onde afirmam que a hidrólise do ATP é o maior produtor de H^+ no organismo. Uma vez que na reação de quebra do ATP em ADP é necessária uma molécula de H_2O , portanto como produto final da reação há a liberação de um fosfato, hidroxila (OH) e um H^+ e em seguida são tamponados pelo fosfato formando um ácido fraco H_2PO_4 .

Porém o excesso de fosfato ainda de acordo com Robergs, Ghiasvand, e Parker, (2004), vai para outra vias para gerar ATP, como por exemplo na glicogenólise. Desse modo, há um acúmulo de H^+ . Assim, acredita-se que com o grande uso de grandes grupos musculares na natação haverá conseqüentemente maior hidrólise de ATP, garantindo maior eficiência dos efeitos da ingestão de bicarbonato, bem como é visto efeitos positivos em todos os estudos com nadadores neste trabalho.

Para os resultados positivos encontrados neste trabalho, além das suposições já citadas diversos autores tais como, Thomas, *et al* (2012), McNaughton, Siegler, e Midgley, (2008), Burke, e Pyne, (2007) e Gladden, (2004), propõem que o aumento do bicarbonato no sangue aumenta o gradiente de pH entre o interior da célula o meio externo. Portanto, aumenta-se o efluxo de Lactato e H^+ para o sangue, evitando a diminuição do pH intracelular e garantindo uma maior ligação do cálcio nas pontes cruzadas.

Sobretudo, Hunter, *et al* (2009), ainda mostram que a alcalose induzida por ingestão de bicarbonato pode aumentar o potencial de ação na fibra muscular em isometria. Isso pelo fato de que parece que a alcalose mantém o influxo de potássio na bomba Na^+/K^+ .

Dessa maneira, este trabalho acredita que com o influxo de potássio mantido com a ingestão de bicarbonato no exercício intenso, ocasionando em uma despolarização da célula, facilita a entrada de Na^+ via diferença de gradiente. Sendo assim, ao mesmo tempo ocorre efluxo de H^+ da célula para o meio externo também por diferença de gradiente. Isto é, a bomba sódio potássio está fazendo hidrólise de ATP para retirar o Na^+ , produzindo mais H^+ e o trocador Na^+/H^+ pode estar mais ativo devido as diferenças de gradiente para estes íons, evitando a diminuição do pH intracelular.

Este pensamento pode ser reforçado com as informações no texto de Thomas, *et al* (2012), onde mostram que durante o exercício a atividade do trocador Na^+/H^+ está aumentada, e também afirmam que diminuições no pH de aproximadamente 0.5 unidades pode aumentar o fluxo do lactato e H^+ em quase 50%.

Acerca dos artigos que encontraram resultados negativos com a ingestão de bicarbonato de sódio, todos seguiram as recomendações existentes na literatura sobre o tempo e quantidade da

administração do bicarbonato, exceto Stephens, *et al* (2002), Artioli, *et al* (2006) e Cameron, *et al* (2010), que aplicaram as doses de bicarbonato a 120 minutos antes do exercício teste. Porém, o mesmo Artioli, *et al* (2007) e SIEGLER, e GLEADALL-SIDALL, (2010), aplicaram doses de bicarbonato 120 e 150 minutos antes do exercício teste e tiveram resultados positivos.

Este trabalho levanta algumas hipóteses para estes resultados negativos terem sido encontrados: 1ª – o tempo no qual os artigos já citados aplicaram as ingestas, 2ª – não houve hidrólise de ATP o suficiente para haver mudanças no pH e consequentemente aparência ineficaz do bicarbonato e 3ª - As pessoas podem ter tido algum desconforto gastrointestinal e podem ter omitido, ou mesmo não houve preocupação nos estudos para se perguntar isso.

O caso mais curioso são os estudos de Artioli, *et al* de 2006 e 2007. Em 2006 o grupo realizou lutas de judô de 5 minutos para ver a eficiência do bicarbonato. Entretanto, as lutas podem ter sido bem disputadas, onde os atletas permaneceram a maior parte do tempo imóveis esperando a melhor oportunidade para aplicar algum golpe.

Portanto, o gasto energético pode ter sido inferior ao necessário para haver mudanças no pH, haja vista que todos eram atletas. Diferentemente do estudo de Siegler, e Kristian, (2010), onde estudaram uma luta de boxe na qual os indivíduos estão sempre fazendo movimentos mais potentes e usando as pernas, provavelmente com uma demanda energética maior.

Em ambos os estudos de Artioli, *et al*, não houve preocupação de aplicar um questionário para saber como estava ou se havia algum desconforto gastrointestinal nos atletas. No estudo de 2006, os próprios pesquisadores lançam a hipótese de que pode ter ocorrido algum desconforto nos atletas. McNaughton, Siegler, e Midgley, (2008) já haviam comentado em seu estudo que há pessoas com intolerância a ingestão de bicarbonato, ocasionando nelas desconforto gastrointestinal.

No ano seguinte, Artioli e seu grupo fizeram outro estudo com atletas de judô, porém utilizaram testes de wingate para MMSS adaptado para a modalidade e testes de golpes específicos. Deste modo, mesmo não aplicando questionário para desconforto gastrointestinal conseguiram resultados positivos. Mostrando que podem ter visto resultados negativos devido ao método que se mostrou ineficaz para aquele estudo de 2006.

Outro dado importante é que, como já mencionado, excetuando os trabalhos de Artioli, *et al* (2007) e Siegler, e Gleadall-Sidall, (2010), todos os trabalhos positivos seguiram a recomendação de ingerir doses de bicarbonato de 60 a 90 minutos antes do exercício. Assim, 3 dos 9 artigos negativos fizeram a ingestão de bicarbonato em um tempo maior.

Stephens, *et al* (2002), tentou ver o desempenho de atletas esquiadores cross-country com ingestão de bicarbonato. Segundo o clássico McArdle, Katch, e Katch, (2002, 2003), os atletas de endurance que possuem maior VO₂ são os esquiadores cross-country. Assim, o estudo testou e

avaliou o VO₂ dos atletas e os fizeram basicamente fazer o teste de corrida na intensidade de 77% do VO₂ pico por 60 minutos.

No entanto, pode ter ocorrido resultado negativo justamente pela escolha da variável ter sido o VO₂. Haja vista que o limiar anaeróbico desses atletas pode ser maior que os 77%, com isso, pode ter ocorrido uma subestima do potencial desses atletas. Segundo Robergs, Ghiasvand, e Parker, (2004), estado estável é quando o organismo se encontra confortável e há muita produção de energia mitocondrial, ao passo que Heil, Jacobson, e Howe, (2012), mostra que um exercício que não esteja em estado estável há uma produção muito alta de H⁺ que abaixa o pH celular.

Logo, exercício feito acima do limiar anaeróbico quer dizer que o individuo não está em estado estável, pois sua produção de ácido é maior que sua remoção. Porém, como esses esquiadores podem ter seu limiar anaeróbico bem próximo do VO₂ pico, eles talvez fizeram o teste em estado estável, parecendo que o bicarbonato é ineficaz.

Outro aspecto a se notar é que os 3 artigos feitos com remadores encontrados neste trabalho apresentam resultados negativos. Todos os testes foram feitos em remo ergômetro. Carr, Gore, Dawson, (2011), optaram por 4 séries de 2000 metros, Kupcis, *et al* (2012), fez um teste de 2 dias 2.000 metros contra o tempo e Driller, *et al* (2013), verificou os efeitos de 4 semanas de treinamento HIT.

Embora estas pesquisas tenham sido semelhantes em modalidade, podem-se notar algumas diferenças, tais como, Carr, Gore, Dawson, (2011), não realizaram questionários para desconforto gastrointestinal. Kupcis, *et al* (2012), aplicaram um teste no qual verificava também os efeitos de uma desidratação/reidratação com o bicarbonato. Assim, 25 minutos antes dos testes foram aplicados questionários para desconforto gastrointestinal.

No entanto, apesar dos remadores responderem que havia desconforto, os autores não viram diferença significativa que pudesse prejudicar o desempenho tanto no grupo placebo quanto no controle. Porém, os indivíduos puderam tomar 17 minutos antes dos testes mais 150 mL de gatorade. Talvez esse líquido tomado tenha maximizado os sintomas decorrentes do uso do bicarbonato e não foi contemplada essa informação no questionário de desconforto gastrointestinal, podendo prejudicar no desempenho.

Driller, *et al* (2013), afirma que o remo ergômetro é comprovado ter a mesma demanda energética da modalidade. Mas, este trabalho se questiona a causa dos 3 artigos terem encontrado resultado negativo. Provavelmente tenha sido pelo uso do remo ergômetro. Pois, acredita-se que uma corrida de remo na água não utiliza apenas a musculatura de MMSS e membros inferiores (MMII), mas também toda a musculatura acessória que é utilizada para manutenção da postura e principalmente equilíbrio. Sobretudo, podem ser necessários mais estudos comparando a atividade muscular em remo ergômetro e atividade de remo propriamente dita.

Tan, *et al* (2010), fez um teste que tenta chegar o mais próximo possível com uma partida de pólo aquático, com bloqueios, lançamento, corridas na piscina, etc. É possível que seus resultados negativos tenham sido encontrados, pois suas atletas estavam em fase final de preparação para as olimpíadas. Ou seja, o nível de desempenho poderia estar tão alto, que o tempo de teste e intensidade inadequados para diminuição do pH.

Outro ponto é que foi utilizada a escala de borg de 0-10, com as atletas apontando para valores de 7 ao longo do teste. Entretanto, no estudo não ficou claro o que significa o 7, se o 7 era o valor a ser atingindo ou mesmo se está próximo do limiar anaeróbico.

Cameron, *et al* (2010), usou um protocolo com jogadores de rugby que consistiu em 25 minutos de aquecimento, seguido de 9 minutos de exercícios específicos em alta intensidade e 5 minutos de 10 tiros de 40 metros com 10 segundos de descanso. Os próprios autores levantam a hipótese que corrobora com a deste trabalho de que, como os atletas apresentaram muitos sintomas de desconforto gastrointestinais, isso pode ter influenciado na corrida.

Zabala, *et al* (2011), tentou encontrar resultados no desempenho utilizando teste de wingate de 30 segundos em ergojump em BMX riders. Embora tenham visto significativo aumento no pH plasmático a ingestão de bicarbonato não aumentou o desempenho. Robergs, Ghiasvand, e Parker, (2004), afirma que a quebra de uma molécula de glicose produz mais H^+ do que a quebra de uma molécula de glicogênio.

Portanto, pode ser que mesmo sendo intenso o tempo de 30 segundos não foi suficiente para haver uma boa parte da quebra de glicose via consumo sanguíneo ou do glicogênio. Assim, o metabolismo que mais contribui para a demanda energética tenha sido o do ATP-CP.

O uso ergogênico do bicarbonato pode levar a mudanças como aumento do pH sanguíneo e diminuição do estresse de esforço percebido, porém não é garantido que haja total aumento do desempenho. Pois existem inúmeros causas para levar o sujeito a fadiga, como falta de encorajamento verbal de alguns artigos, aspectos psicológicos, patologias, alimentação, dentre outros.

Porém, de acordo com os resultados o bicarbonato pode ser sim uma estratégia positiva de aumento de desempenho em períodos de treinamento ou no uso agudo somente para competições.

CONCLUSÃO

Este trabalho contemplou o objetivo geral de compreender que a ingestão de bicarbonato tem resultados positivos no desempenho. E que essa melhora ocorre possivelmente pela diferença de gradiente de pH que o bicarbonato gera, por evitar que o pH intracelular diminua e também por permitir a ligação do cálcio nas pontes cruzadas nos músculos.

Contemplou também o objetivo específico ao compreender que as melhores doses ingeridas são 0,2g.kg e 0,3g.kg de 40 a 50 e 60 a 90 minutos respectivamente antes do exercício. Bem como, corroborou com a hipótese de que haveria mais resultados positivos na literatura.

No entanto, acredita-se que este trabalho teve como um viés alguns artigos que não puderam ser incluídos, pois não estavam inseridos nas políticas de acesso livre. Uma vez que esses trabalhos poderiam contribuir ainda mais para os resultados.

Nota-se também que serão necessárias ainda mais pesquisas sobre esse tema, justamente porque ainda não está definitivamente esclarecido o motivo no qual alguns estudos obtêm resultados negativos quanto o desempenho. Sobretudo, também ainda não está perfeitamente esclarecido os mecanismos que atuam para os resultados positivos, tais como a real influência dos trocadores e transportadores celulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIOLI, G.G. *et al.* A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô?. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Campinas, v.12, n.6, p. 371-375, nov./dez. 2006.

ARTIOLI, G.G. *et al.* Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judo performance?. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, Champaign, v.17, n.2, p. 206-217, apr. 2007.

ATKINS *et. al.* Assessment of acid-base disorders. A practical approach and review. **Canadian medical association journal**, Ottawa, v.100, n.21, p. 992-998, jun. 1969.

BARBANTI, V.J. **Dicionário de Educação Física e Esporte**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2003.

BISHOP, D. e CLAUDIUS, B. Effects of Induced Metabolic Alkalosis on Prolonged Intermittent-Sprint Performance. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v.37, n.5, p. 759-767, may. 2005.

BISHOP, D. *et al.* Induced Metabolic Alkalosis Affects Muscle Metabolism and Repeated-Sprint Ability. **Medicine Science Sports Exercise**, Madison, v.36, n.5, p. 807-813, may. 2004.

BURKE, L.M. E PYNE, D.B. Bicarbonate loading to enhance training and competitive performance. . **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.2, n.1, p.93-97, mar. 2007.

CARR, A.L.; GORE, C.J.; DAWSON,B. Induced Alkalosis and Caffeine Supplementation: Effects on 2,000-m Rowing Performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, Champaign, v.21, n.5, p. 357-364, oct. 2011.

CARR, J.C.; HOPKINGS, W.G. E GORE, C.J. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. **Sports Medicine**, v.41, n.10, p. 801-814, oct. 2011.

CAMERON, S.L. *et al.* Increased blood pH but not performance with sodium bicarbonate supplementation in elite rugby union players. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, Champaign, v.20, n.4, p. 307-321, aug, 2010.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. 3.ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, v.100, n.2, p. 126-131, mar./apr. 1985.

CARR, B.M. *et al.* Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. **European journal of applied physiology**, Berlin, v.113, n.3, p. 743-752, mar. 2013.

COSTANZO, L.S. **Fisiologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

DOUROUDOS, I.I. *et al.* Dose-Related Effects of Prolonged NaHCO₃ Ingestion during High Intensity Exercise. **Medicine and Science in Sports and exercise**, Madison, v.38, n.10, p. 1746-1753, oct. 2006.

DRILLER, M.W. *et al.* The Effects of Chronic Sodium Bicarbonate Ingestion and Interval Training in Highly Trained Rowers. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, Champaign, v.23, n.1, p. 40-47, feb. 2013.

EDGE, J.; BISHOP, D.; GOODMAN, C. Effects of chronic NaHCO₃ ingestion during interval training on changes to muscle buffer capacity, metabolism, and short-term endurance performance. **Journal of Applied Physiology**, v.101, n.3, p. 918-925, sep. 2006.

ÉVORA *et al.* Distúrbios do equilíbrio hidroeletrólítico e do equilíbrio acidobásico: uma revisão prática. **Medicina (Ribeirão Preto)**, Ribeirão Preto, v.32, n.4, p. 451-469, out.-dez. 1999.

GHORAYEB, N. *et al.* Hipertrofia Ventricular Esquerda do Atleta. Resposta Adaptativa Fisiológica do Coração. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, São Paulo, v.85, n.3, set. 2005.

GLADDEN, L.B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **The Journal of Physiology**, v.558, n.1, p. 5-30, july, 2004.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HEIL, D.P.; JACOBSON, E.A. E HOWE, S.M. Influence of an alkalizing supplement on markers of endurance performance using a double-blind placebo-controlled design. **Journal of the International Society of Sports Nutrition (Online)**, Woodland Park, mar. 2012. Disponível em: <<http://www.jissn.com/content/9/1/8>>. Acesso em: 24 set. 2013.

HIGGINS, M.F. *et al.* The effects of sodium bicarbonate (NaHCO₃) ingestion on high intensity cycling capacity. **Journal of Sports Science**, London, v.31, n.9, p. 972-981, jan. 2013.

HILL, C.A. *et al.* Influence of *b*-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. **Amino Acids**, Wien, v.32, n.2, p. 225-233, feb. 2007.

HUNTER, A.M. *et al.* The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction. **Journal of sports sciences**, v.27, n.12, p. 1261-1269, oct. 2009.

KILDING, A.E.; OVERTON, C.; GLEAVE, J. Effects of Caffeine, Sodium Bicarbonate, and Their Combined Ingestion on High-Intensity Cycling Performance. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, Champaign, v.22, n.3, p. 175-183, jun. 2012.

KUPCIS, P.D. *et al.* Influence of Sodium Bicarbonate on Performance and Hydration in Lightweight Rowing. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.7, n.1, p. 11-18, mar. 2012.

LAVENDER, G.; BIRD, S.R. Effect of sodium bicarbonate ingestion upon repeated sprints. **British Journal of Sports medicine**, Bursa, v.23, n.1, p.41-45, mar. 1989.

LELKIN, J.B., PALOUCZEK, F.P. **Sodium Bicarbonate**. Toxnet. Disponível em: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/a?dbs+hsdb:%40term+%40DOCNO+697>. Acesso em: 19 dez. 2013.

LINDH, A.M. *et al.* Sodium Bicarbonate Improves Swimming Performance. **International journal of sports medicine**, Stuttgart, v.29, n.6, p. 519-523, jun. 2008.

MARTINS, P.J.F.; MELLO, M.T.; TUFIK, S. Exercício e Sono. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v.7, n.1, p. 28-36, jan./fev. 2001.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fundamentos de Fisiologia do Exercício**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

_____. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MAUGHAN, R.J. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.12, n.2, p.255-280, dec. 1999.

MCMAHON, S.; JENKINS, D. Factors affecting the rate of phosphocreatine resynthesis following intense exercise. **Sports Medicine**, Auckland, v. 32, n. 12, p.761-784, oct. 2002.

MCNAUGHTON, L. *et al.* Effects of chronic bicarbonate ingestion on the performance of high-intensity work. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, Berlin, v.80, n.4, p. 333-336, sep. 1999.

MCNAUGHTON, L.R.; SIEGLER, J.; MIDGLEY, A. Ergogenic Effects of Sodium Bicarbonate. **Current Sports Medicine Reports**, Philadelphia, v.7, n.4, p.230-236, july/aug. 2008.

MENÉNDEZ, B. S. Alteraciones Del equilibrio ácido básico. **Revista Cubana de cirugía**, Havana, v.45, n.1, marzo, 2006.

MUELLER, S.M. *et al.* Multiday acute sodium bicarbonate intake improves endurance capacity and reduces acidosis in men. **Journal of the International Society of Sports Nutrition (Online)**, Woodland Park, v.10, n.1, mar. 2013. Disponível em: < <http://www.jissn.com/content/10/1/16>>. Acesso em: 11 sep. 2013.

PORTINGTON, K.J. *et al.* Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. **Medicine Science Sports Exercise**, Madison, v.30, n.4, p.523-528, apr. 1998.

PREVIDELLO, B. A. F. *et al.* O pKa de indicadores ácido-base e os efeitos de sistemas coloidais. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.3, p. 600-606, mar. 2006. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2006/vol29n3/index.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

PRICE, M.; MOSS, P.; RANCE, S. Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. **Medicine Science Sports Exercise**, Madison, v.35, n.8, p. 1303-1308, aug. 2003.

PRIETO DE PAULA, J.M. *et al.* Alteraciones del equilibrio ácido-base. **Diálisis y Trasplante**, Barcelona, v.33, n.1, p. 25-34, marzo, 2011.

PRUSCINO, C.L. *et al.* Effects of Sodium Bicarbonate, Caffeine, and Their Combination on Repeated 200-m Freestyle Performance. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, Champaign, v.18, n.2, p. 116-130, apr. 2008.

RIVERÓN CORTEGUERA, R. L. E MENA MIRANDA, V. R. Desequilibrio hidroeletrolítico y ácido-base en la diarrea. **Revista Cubana de cirugía**, Havana, v.72, n.3, p. 170-182, sept. 2000.

ROBERGS, R.A.; GHIASVAND, F. E PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American journal of physiology: regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v.287, n.3, p. 502-516, sep. 2004.

SIEGLER, J.C. *et al.* Effects of various sodium bicarbonate Loading protocols on the time-dependent Extracellular buffering profile. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Lincoln, v.24, n.9, p.2551-2557, sep. 2010.

SIEGLER, J.C. e GLEADALL-SIDALL, D.O. Sodium Bicarbonate Ingestion And Repeated Swim Sprint Performance. **Journal of strength and conditioning research**, Lincoln, v.24, n.11, p. 3105-3111, nov. 2010.

SIEGLER, J.C. e KRISTIAN, H. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. **Journal of strength and conditioning research**, Lincoln, v.24, n.1, p. 103-108, jan. 2010.

STEPHENS, T.J. *et al.* Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v.34, n.4, p. 614-621, apr. 2002.

STEWART, K.J. *et al.* Medical Progress: Exercise Training for Claudication. **New England Journal of Medicine**, Boston, v.347, n.24, p. 1941-1951, dec. 2002.

TAN, F. *et al.* Effects of Induced Alkalosis on Simulated Match Performance in Elite Female Water Polo Players. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, Champaign, v.20, n.3, p. 198-205, jun. 2010.

THOMAS, C. *et al.* Effects of acute and chronic exercise on sarcolemmal MCT1 and MCT4 contents in human skeletal muscles: current status. **American journal of physiology: regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v.302, n.1, p. R1-R14, jan. 2012.

TOBIAS, G. *et al.* Additive effects of beta-alanine and sodium bicarbonate on upper-body intermittent performance. **Amino Acids**, Wien, v.45, n.2, p. 309-317, aug. 2013.

VANHATALO, A. *et al.* Effect of Induced Alkalosis on the Power–Duration Relationship for “All-out” Exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, Madison, v.42, n.3, p. 563-570, mar. 2010.

WORLD ANTI-DOPING AGENCY. **The Prohibited List 2013 international standard. Montreal**, 2013. Disponível em: <http://www.wadaama.org/Documents/World_Anti_Doping_Program/WADP-Prohibited-list/2013/WADA-Prohibited-List-2013-EN.pdf> Acesso em: 30 abril 2013.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do Esporte e Exercício**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2001.

WU, C.L. *et al.* Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. **Journal of the International Society of Sports Nutrition (Online)**, Woodland Park, oct. 2010. Disponível em: <<http://www.jissn.com/content/7/1/33>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

ZABALA, M. *et al.* Bicarbonate ingestion has no ergogenic effect on consecutive all out sprint tests in BMX elite cyclists. **European journal of applied physiology**, Berlin, v.111, n.12, p. 3127-3134, dec. 2011.

ZAJAC, A. *et al.* Effects of sodium bicarbonate ingestion on swim performance in youth athletes. **Journal of sports science & medicine**, Bursa, v.8, n.1, p. 45-50, mar. 2009.

ZINNER, C. *et al.* Effects of bicarbonate ingestion and high intensity exercise on lactate and H⁺ ion distribution in different blood compartments. **European journal of applied physiology**, Berlin, v.111, n.8, p. 1641-1648, aug. 2011.

ANEXO - Documento com numero do comitê de ética - 0620/09 do comitê de ética e assinaturados membros da banca



Universidade Federal de São Paulo
Escola Paulista de Medicina

Comitê de Ética em Pesquisa
Hospital São Paulo

São Paulo, 29 de outubro de 2013

CEP Nº **0620/09**

CONEP Nº:

Ilmo(a) Sr(a)

Pesquisador(a): RONALDO VAGNER THOMATIEL DOS SANTOS

Disciplina/Departamento: Medicina e Biologia do Sono

Título do estudo: Efeitos de uma sessão aguda de exercício moderado realizado em diferentes altitudes sobre parâmetros metabólicos e imunológicos

Prezado(a) Pesquisador(a),

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo ANALISOU E APROVOU o(a) Solicitação de Inclusão de ; Guilherme Manzano Barbosa , Anderson Russo de Oliveira e Bruno Koody de Souza como co-investigadores, do projeto de pesquisa acima referenciado.

Atenciosamente,

Prof. Dr. José Osmar Medina Pestana
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da
Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo